

論文審査の結果の要旨

氏名 上田 靖人

本論文は「**Design and Control of a High-Performance Multi-Degree-of-Freedom Planar Actuator** (高性能な多自由度平面アクチュエータの設計と制御)」と題し、多自由度駆動システムの構造の簡略化と広い駆動範囲、良好な位置決め特性を可能とする多自由度アクチュエータを実現するために、新しい多自由度平面アクチュエータの駆動制御手法を提案し、その特性を数値解析と実験により検証して有効性を示したものであり、7章から構成される。

第1章は「**Introduction**」であり、多自由度の駆動システムおよびアクチュエータの研究開発と応用の現状について紹介し、多自由度アクチュエータの特徴と課題、およびそこで必要な要素技術について整理した上で、本研究の目的と論文構成を述べている。

第2章は「**Technical Trends in Multi-Degree-of-Freedom Actuators**」と題し、多自由度アクチュエータとそれを使った駆動システムを分類し、その特徴と技術的課題について詳細に記述して、本研究で対象とするアクチュエータの位置づけを明確にしている。永久磁石を利用した同期形の平面アクチュエータが一般に着目され、本研究のアクチュエータも同じタイプであるが、良好な駆動制御特性、広い駆動エリア、少ない駆動回路数を実現可能である特長を有する。

第3章は「**Conceptual Design of the Long-Stroke Planar Actuator**」と題し、長ストローク駆動が可能な平面アクチュエータの概念設計について記述している。2組の空心形永久磁石リニア同期モータから構成され、可動子側の永久磁石は2次元に展開したハルバッハ永久磁石配列である。2組の電機子導体も両者が重なり合っているが、互いに直交しているため、平面内の直交する2方向に独立な駆動制御が可能である。駆動制御に必要なアクチュエータの発生力特性を詳細に解析し、制御アルゴリズムを示している。

第4章は「**Design of the Experimental System of the Long-Stroke Planar Actuator**」と題し、平面アクチュエータの駆動制御特性を検証するために設計、製作した実験システムについて記述している。ハルバッハ永久磁石可動子、電機子導体固定子、3つのレーザ変位センサによる位置検出システム、多数のガラス小球による支持系、パソコンとDSPおよびAD、DAコンバータの制御系とドライブ回路等により構成される。

第5章は「**Experimental Motion Control of the Long-Stroke Planar Actuator**」と題し、3自由度を有する平面アクチュエータの実験的検証について記述している。2組の直交する電機子導体系に、独立した2つの三相交流電流を供給することにより、並進と回転の3自由度を独立に制御できることを実験的に検証し、駆動エリアは並進運動については制約がなく、回転方向についてはおよそ±30度の範囲で駆動可能であることを示した。さらに90度の回転周期性を利用して、90度のステップ駆動が可能であることも実験的に検証した。

第6章は「**Feasibility Study on the Magnetically Levitated Planar Actuator**」と題し、

平面アクチュエータで重要な課題である可動子の支持法として、磁気浮上技術の適用を理論的に検討し、数値解析によりその有効性を検証している。3組の2相交流電流により、3つの並進自由度と1つの回転自由度を制御し、6自由度の可動子駆動制御特性について数値シミュレーションを行い、提案手法の有効性を示している。

第7章は「Conclusions」であり、本研究の成果を総括している。

以上これを要するに、本論文は、簡素な構造ながらも広い駆動範囲を有する多自由度アクチュエータを実現するため、空心永久磁石形リニア同期モータをベースとするアクチュエータに着目し、その電磁構造を活かした平面3自由度駆動制御手法を提案して数値解析と実験によりその有効性を検証し、さらに磁気支持法の導入による6自由度駆動を可能とするアクチュエータを提案して数値解析によりその実現可能性を示したものであり、電磁エネルギー工学、特に電気機器学に貢献するところが少なくない。

なお、本論文第3章から第6章は、大崎博之との共同研究であるが、論文提出者が主体となって解析と実験および考察を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（科学）の学位を授与できると認める。